

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

J1017 U.S. PRO  
10/071617



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-034088

出 願 人

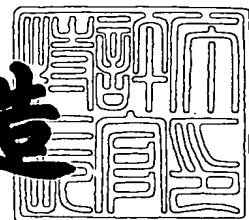
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年11月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3096348

【書類名】 特許願

【整理番号】 R4850

【提出日】 平成13年 2月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 1/02  
G02B 5/18  
G02B 6/12

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 浜田 英伸

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095555

【弁理士】

【氏名又は名称】 池内 寛幸

【電話番号】 06-6361-9334

【選任した代理人】

【識別番号】 100076576

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 公博

【選任した代理人】

【識別番号】 100107641

【弁理士】

【氏名又は名称】 鎌田 耕一

【選任した代理人】

【識別番号】 100110397

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶丘 圭司

【選任した代理人】

【識別番号】 100115255

【弁理士】

【氏名又は名称】 辻丸 光一郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100115152

【弁理士】

【氏名又は名称】 黒田 茂

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012162

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004605

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 屈折率の周期的変化を有する光学部材であって、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向の相互角度が  $90^\circ$  以下で、前記第 1 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも大きく、前記第 2 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも小さい光学部材と、前記光学部材に対して前記第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面と平行な方向に光を入射させる入射部と、前記光学部材からの出射光を各々受光する受光部とを備えたことを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 前記入射部が入射側光ファイバーで構成され、前記受光部が第 1 の出射側光ファイバーと第 2 の出射側光ファイバーで構成され、

前記入射側光ファイバー、前記光学部材、前記第 1 の出射側光ファイバー、および前記第 2 の出射側光ファイバーが、前記光学部材の前記第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面に平行に配置され、

前記第 1 の出射側光ファイバーの入射端位置に T M 波が、前記第 2 の出射側光ファイバーの入射端位置に T E 波が入射するように、前記光学部材の光伝播方向の厚みと前記入射側光ファイバーからの前記光学部材への入射光の方向を設定して、前記各構成要素を位置決めしたことを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

【請求項 3】 屈折率の周期的変化を有する光学部材であって、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向の相互角度が  $90^\circ$  以下で、前記第 1 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも大きく、前記第 2 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも小さく、互いに縦列配置された第 1 の光学部材および第 2 の光学部材と、前記第 1 の光学部材に対してその前記第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面と平行な方向に光を入射させる入射部と、前記第 2 の光学部材からの出射光を各々受光する受光部とを備え、

前記第 2 の光学部材は、前記第 1 の光学部材に対して光軸周囲に  $45^\circ$  ずれた関係に設定されたことを特徴とする光デバイス。

【請求項 4】 前記入射部が入射側光ファイバーで構成され、前記受光部が、第 1 から第 4 の出射側光ファイバーで構成され、

前記入射側光ファイバー、前記第 1 の光学部材、前記第 2 の光学部材、前記第 1 から第 4 の出射側光ファイバーが、前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面に平行に配置され、

前記第 1 の出射側光ファイバーの入射端位置に T M 波 ( 1 ) が、前記第 2 の出射側光ファイバーの入射端位置に T M 波 ( 2 ) が、前記第 3 の出射側光ファイバーの入射端位置に T E 波 ( 1 ) が、前記第 4 の出射側光ファイバーの入射端位置に第 2 の T E 波 ( 2 ) が入射するように、前記第 1 の光学部材と前記第 2 の光学部材の光伝播方向の厚みと前記入射側光ファイバーからの前記第 1 の光学部材への入射光の方向を設定して、前記各構成要素を位置決めしたことを特徴とする請求項 3 に記載の光デバイス。

【請求項 5】 屈折率の周期的変化を有する光学部材であって、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向の相互角度が  $90^\circ$  以下で、前記第 1 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも大きく、前記第 2 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも小さく、互いに縦列配置された第 1 から第  $n$  (  $n$  は自然数 ) の光学部材と、前記第 1 の光学部材に対してその前記第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面と平行な方向に光を入射させる入射部と、前記第  $n$  の光学部材からの出射光を各々受光する受光部とを備え、

第  $k$  の光学部材に隣接して縦列配置された第  $k + 1$  の光学部材 (  $k = 1, \dots, n - 1$  ) は、前記第  $k$  の光学部材に対して光軸周囲に  $45^\circ$  ずれた関係に設定されたことを特徴とする光デバイス。

【請求項 6】 前記入射部が入射側光ファイバーで構成され、前記受光部が、第 1 から第  $2^n$  の  $2^n$  個の出射側光ファイバで構成され、

前記入射側光ファイバー、前記第 1 から第  $n$  の光学部材、および前記第 1 から

第  $2^n$  の出射側光ファイバーが、前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面に平行に配置され、

第  $j$  ( $j = 1, \dots, 2^{n-1}$ ) の出射側光ファイバーの入射端位置に T M 波 ( $j$ ) が、第  $m$  ( $m = 2^{n-1} + 1, \dots, 2^n$ ) の出射側光ファイバーの入射端位置に T E 波 ( $m - 2^{n-1}$ ) が入射するように、前記第 1 から第  $n$  の光学部材の光伝播方向の厚みと、前記入射側光ファイバーからの前記第 1 の光学部材への入射光の方向を設定して、前記各構成要素を位置決めしたことを特徴とする請求項 5 に記載の光デバイス。

【請求項 7】 前記光学部材、前記第 1 および第 2 の光学部材、または前記第 1 から第  $n$  の光学部材のそれぞれは、少なくとも 2 種類の屈折率の異なる物質が、2 次元方向に対して所定の一定の周期をもって分布する構造を有することを特徴とする請求項 1、3、または 5 に記載の光デバイス。

【請求項 8】 前記光学部材、前記第 1 および第 2 の光学部材、または前記第 1 から第  $n$  の光学部材のそれぞれが、屈折率の異なる第 1 の物質と第 2 の物質で構成され、前記第 2 の物質は粒子形状で、所定の一定の周期をもって分布する構造を有することを特徴とする請求項 1、3、または 5 に記載の光デバイス。

【請求項 9】 前記光学部材、前記第 1 および第 2 の光学部材、または前記第 1 から第  $n$  の光学部材のそれぞれが、屈折率の異なる第 1 の物質と第 2 の物質で構成され、前記第 2 の物質は、前記第 1 の逆格子ベクトル方向と前記第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面に垂直な柱状形状であり、前記第 1 の逆格子ベクトル方向と前記第 2 の逆格子ベクトル方向に対して所定の一定の周期をもって分布する構造を有することを特徴とする請求項 1、3、または 5 に記載の光デバイス。

【請求項 10】 前記光学部材は、光の伝播方向に屈折率の異なる第 1 の物質と第 2 の物質を交互に積層して形成された構造を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

【請求項 11】 前記第 1 および第 2 の光学部材、または前記第 1 から第  $n$  の光学部材のそれぞれが、光の伝播方向に屈折率の異なる第 1 の物質と第 2 の物質を交互に積層して形成された構造を有し、第  $k + 1$  ( $k = 1, \dots, n - 1$ ) の光学部材は、第  $k$  の光学部材を光の伝播方向を法線とする面上で所定の角度回

転させた上に、前記光の伝播方向に前記第 1 の物質と前記第 2 の物質を交互に積層して形成されたものであることを特徴とする請求項 3、または 5 に記載の光デバイス。

【請求項 1 2】 前記光学部材、前記第 1 および第 2 の光学部材、または前記第 1 から第  $n$  の光学部材のそれぞれが、相互に平行な入射面と出射面を有し、前記入射側光ファイバーと複数の前記出射側光ファイバーのそれぞれの端面が、光学部材、第 1 および第 2 の光学部材、または第 1 および第  $n$  の光学部材の平行面に接する構成を有することを特徴とする請求項 2、4 または 6 に記載の光デバイス。

【請求項 1 3】 少なくとも一つの前記光ファイバーを位置決めする溝付基板が、前記光学部材、前記第 1 および第 2 の光学部材、または前記第 1 から第  $n$  の光学部材と一体化された構造を有することを特徴とする請求項 2、4、6 または 1 2 に記載の光デバイス。

【請求項 1 4】 前記光学部材、前記第 1 の光学部材と第 2 の光学部材、または前記第 1 から第  $n$  の光学部材の少なくともいずれかが、少なくとも一つの前記光ファイバーを位置決めする溝付基板上に、少なくとも 2 種類の屈折率の異なる物質が所定の一定の周期をもって分布するように形成された溝付構造を有することを特徴とする請求項 2、4 または 6 に記載の光デバイス。

【請求項 1 5】 順次配置された、入射側光ファイバーと、入射側レンズと、第 1 の光学部材と、ファラデー結晶と、第 2 の光学部材と、第 3 の光学部材と、出射側レンズと、出射側光ファイバーと、前記ファラデー結晶の回転角を飽和させる磁界を印加する手段とを備え、

前記第 1 から第 3 の光学部材はそれぞれ、屈折率の周期的変化を有し、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向の相互角度が  $90^\circ$  以下で、前記第 1 の逆格子ベクトル方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも大きく、前記第 2 の逆格子ベクトル方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも小さく、

前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトル方向と前記第 2 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトル方向が  $45^\circ$  の角度をなし、前記第 2 の光学部材の第 1 の逆格

子ベクトル方向と前記第 3 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトル方向が互いに垂直であることを特徴とする光デバイス。

【請求項 1 6】 入射側光ファイバーと、入射側レンズと、第 1 の光学部材と、ファラデー結晶と、旋光性結晶と、第 2 の光学部材と、出射側レンズと、出射側光ファイバーと、前記ファラデー結晶の回転角を飽和させる磁界を印加する手段とがこの順序に配列され、

前記第 1 および第 2 の光学部材はそれぞれ、屈折率の周期的変化を有し、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向の相互角度が  $90^\circ$  以下で、前記第 1 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも大きく、前記第 2 の逆格子ベクトル方向の T E 波の波数が T M 波の波数よりも小さく、

前記第 1 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトル方向と前記第 2 の光学部材の第 1 の逆格子ベクトル方向が互いに平行であることを特徴とする光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信に使用される光分波器や無偏波型光アイソレーターなどの光デバイスに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来例の光デバイスとして、ルチル等の自然複屈折を利用した光分波器を図 1 0 に示す。この光分波器は、入射側光ファイバー 1 0 1、入射側レンズ 1 0 2、ルチルなどの複屈折材料 1 0 3、第 1 の出射側レンズ 1 0 4、第 1 の出射側光ファイバー 1 0 5、第 2 の出射側レンズ 1 0 6、および第 2 の出射側光ファイバー 1 0 7 から構成される。入射側光ファイバー 1 0 1 から出て入射側レンズ 1 0 2 により複屈折材料 1 0 3 へ結合される入射光は、常光 (T E 波) 1 0 9 と異常光 (T M 波) 1 0 8 に分離する。複屈折材料 1 0 3 の長さに応じた分離幅を相対出射位置とする常光 1 0 9 と異常光 1 0 8 は、それぞれ、第 1 の出射側レンズ 1 0 4 を介して第 1 の出射側光ファイバー 1 0 5 に、第 2 の出射側レンズ 1 0 6 を介



して第2の出射側光ファイバー107に結合される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、ルチルなどの自然に存在する複屈折材料は、図11のような偏波分散面（屈折率楕円体）を有し、複屈折材料に入射した光は、運動量保存の法則に従って常光と異常光の分散面に垂直な方向に伝播する。

【0004】

しかし、従来のルチルなどの複屈折材料では、常光と異常光の分散面の相違が小さく、従って常光と異常光の分離角度も小さいので、回折を無視できる伝播距離内において常光と異常光を異なる光ファイバーに分離することができないため、入射側と出射側にレンズが必要なる。さらに、レンズの大きさ以上の分離幅が必要なので、複屈折材料の長さが大きくなり、分波器の大きさも大きくなる。

【0005】

本発明は、従来の分波器における上記のような課題を解決し、光ファイバーと複屈折材料との結合にレンズを必要とせず、光ファイバーを複屈折材料に突合せた構成で光学系を構成できる光デバイスを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するため本発明は、屈折率の周期的変化を有する光学部材であって、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第1の逆格子ベクトル方向と第2の逆格子ベクトル方向の相互角度が $90^\circ$ 以下で、第1の逆格子ベクトル方向のTE波の波数がTM波の波数よりも大きく、第2の逆格子ベクトル方向のTE波の波数がTM波の波数よりも小さい光学部材を用いる。そして、その光学部材に対して第1の逆格子ベクトル方向と第2の逆格子ベクトル方向を含む面と平行な方向に光を入射させる入射部と、光学部材からの出射光を各々受光する受光部とを備える。

【0007】

上記構成の光学部材を使用すると、TE波とTM波のそれぞれの分散面の相違が大きくなり、分離角度が巨大になるので、回折の影響が無視できる伝播距離で

TE波とTM波の分離が可能となり、レンズなどの部品工数の低減とデバイスの小型化が可能となる。

【0008】

光学部材は、好ましくは、少なくとも2種類の屈折率の異なる物質が、2次元方向に対して所定の一定の周期をもって分布する構造とする。

【0009】

【発明の実施の形態】

(実施の形態1)

図1に、本発明の光デバイスの実施の形態1における2分波器の構成の概要を示す。図1の2分波器は、入射側光ファイバー1と、分波部4と、第1の光ファイバー2と、第2の光ファイバー3と、ガイド5で構成される。ガイド5は、分波部4に対して、入射側光ファイバー1、第1の出射側光ファイバー2、及び第2の出射側光ファイバー3を相対的に位置決めする。

【0010】

分波部4は、互いに平行な入射面と出射面を有する第1の物質8中に、第1の物質8と屈折率が異なり第1の物質8の入射面に平行な方向に伸びる柱状の第2の物質9が、2次元方向に対して所定の一定の周期をもって分布した構造を有する光学部材からなる。この光学部材は、屈折率の周期的変化を有し、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第1の逆格子ベクトル方向(K)10と第2の逆格子ベクトル方向(M)11の相互角度が $90^\circ$ 以下である。また、第1の逆格子ベクトル方向(K)10のTE波の波数がTM波の波数よりも大きく、第2の逆格子ベクトル方向(M)11のTE波の波数がTM波の波数よりも小さい。

【0011】

入射側光ファイバー1は、分波部4に対して、第1の逆格子ベクトル方向(K)10と第2の逆格子ベクトル方向(M)11を含む面と平行な方向に光を入射させる。第1の光ファイバー2と第2の光ファイバー3は、分波部4から出射する分離したTM波6とTE波7をそれぞれ受光する。

【0012】

図 2 に、分波部 4 を構成する光学部材の、K 方向と M 方向に逆格子ベクトル方向を有するフォトニックバンドの例を示す。横軸のブリルアンゾーン内の波数ベクトルは、光学部材中の光の伝搬方向に対応し、縦軸の規格化周波数は光源波長に対応している。図 2 の例は、光源波長  $f$  について、TM モードは A 点（K 方向）と A' 点（M 方向）の波数となり、TE モードは B 点（K 方向）と B' 点（M 方向）の波数となる。M 方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも大きく、K 方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも小さい。従って、波長  $f$  での TE 波と TM 波の分散面は、図 3 に示すように 6 回対称で、K 方向と M 方向では TE 波と TM 波の波数の大きさが逆転する。従って、あらゆる方向において分散面に垂直な方向（群速度方向）が TE 波と TM 波で大きく異なり、大きな分離角が得られる。例えば、図 3 に示すような入射光がある場合、境界条件である境界面上での電界成分の運動量保存の法則により光学部材内での TE 波と TM 波の波数ベクトルが決まり、それぞれの波数ベクトル終点での分散面の垂線（グラジエント方向）が伝播方向（群速度方向）となる。TE 波と TM 波の伝播方向は、各分散面で決まるため、図 3 の例では分離角度は  $90^\circ$  程度となる。ルチルなど自然に存在する複屈折材料では、得られる分離角度はせいぜい  $15^\circ$  程度のため、その効果は明らかである。また、本発明における TE 波と TM 波の分離角度は、M 方向の TE 波の波数と TM 波の波数の差、及び K 方向の TE 波の波数と TM 波の波数の差が大きいほど大きくなり、その差は、光学部材を構成する第 1 の物質と第 2 の物質の屈折率差や形状で決まるため、任意に変えることができる。

#### 【 0 0 1 3 】

このように、TE 波と TM 波のそれぞれの分散面の相違を大きくし、分離角度を巨大にすると、分波部の長さを小さくできるので、回折の影響が小さい伝播距離での TE 波と TM 波の分離が可能となり、レンズなどの部品工数の低減とデバイスの小型化が可能となる。例えば、図 1 の実施の形態のように、入射側光ファイバー 1 と、相互に隣合う出射側光ファイバー 2、3 を、分波部 4 の入射面と出射面のそれぞれに接して配置する場合、シングルモードファイバー（SMF）であれば、分離角度を  $170^\circ$  にすれば、隣合う外径  $150\ \mu\text{m}$  の SMF のそれぞれに TE 波と TM 波を入射させるための分波部 4 の長さは約  $6.5\ \mu\text{m}$  で済む。

## 【0014】

また、図3からわかるように、TE波とTM波の分離方向は、入射光方向によっても変化するので、TE波とTM波がそれぞれ、第1の出射側光ファイバー2と第2の出射側光ファイバー3に結合するように、分波部4の光伝播方向の長さの入射側光ファイバー1からの分波部4への入射光の方向を調整すれば、任意の位置の第1の出射側光ファイバー2と第2の出射側光ファイバー3に結合することも可能である。

## 【0015】

なお、分波部4の屈折率の周期構造を作る方法としては、基板となる第1の物質8に互いに平行な柱状穴を周期的に形成したり、その柱状穴を第1の物質8の屈折率と異なる屈折率を有する物質で充填したり、柱状の物質を積層したり、第1の物質8にレーザーなどを照射し周期的に第1の物質8の屈折率を変化させたりする方法がある。

## 【0016】

屈折率の2次元的な周期構造は、図1のような3角配置以外に、四角配置や蜂の巣配置などがあり、それぞれ逆格子ベクトル方向が異なる。

## 【0017】

また、球状の物質を3次元的に積み上げて面心立方や体心立方など結晶構造を形成し、3次元の屈折率の周期構造を形成する場合には、2個以上の逆格子ベクトル方向ができるので、逆格子ベクトル方向から適当な2個の逆格子ベクトル方向を選択して、図2のように、使用波長において第1の逆格子ベクトル方向のTE波の波数がTM波の波数よりも大きく、第2の逆格子ベクトル方向のTE波の波数がTM波の波数よりも小さくなるように屈折率差や結晶構造を形成すれば、2次元の場合と同様のメカニズムでTE波とTM波を分離することができる。

## 【0018】

## (実施の形態2)

図4に、実施の形態2における4分波器の構成の概要と、各光学部品出射時の偏光状態を示す。

## 【0019】

図 4 に示す 4 分波器は、図 1 の 2 分波器における、分波部 4 に代えて第 1 の分波部 4 3 および第 2 の分波器 4 4 の縦列を有し、第 1 および第 2 の出射側光ファイバー 2、3 に代えて第 1 から第 4 までの出射側光ファイバー 4 1 を有する。入射側光ファイバー 1、第 1 の分波部 4 3、第 2 の分波部 4 4、および第 1 から第 4 の出射側光ファイバー 4 1 は、ガイド 4 5 により相対的に位置決めされている。

#### 【 0 0 2 0 】

第 1 の分波部 4 3 および第 2 の分波器 4 4 は、それぞれ図 1 の分波部 4 と同様の光学部材からなる。すなわち、互いに平行な入射面と出射面を有する第 1 の物質 8 と、第 1 の物質 8 と屈折率が異なり第 1 の物質 8 の入射面に平行な方向に伸びる柱状の第 2 の物質 9 が 2 次元方向に対して所定の一定の周期をもって分布した構造を有する光学部材である。

#### 【 0 0 2 1 】

第 2 の分波器 4 4 は、第 1 の分波部 4 3 に対して、光軸の周囲に  $45^\circ$  ずれている関係に設定されている。入射側光ファイバー 1 からの光は、第 1 の分波部 4 3 に対して、第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面と平行方向に入射する。第 1 の分波部 4 3 および第 2 の分波部 4 4 を通過した光は、TM 波 (1) 4 6、TM 波 (2) 4 7、TE 波 (1) 4 8、および TE 波 (2) 4 9 に分離され、出射光は、第 1 から第 4 までの出射側光ファイバー 4 1 にそれぞれ入射する。

#### 【 0 0 2 2 】

第 1 の分波部 4 3 と第 2 の分波部 4 4 のフォトニックバンドは、実施の形態 1 のフォトニックバンドと同様に、第 1 の逆格子ベクトル方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも大きく、第 2 の逆格子ベクトル方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも小さいので、いずれの分波部も TM 波と TE 波の分散面が大きく異なり、TM 波と TE 波の分離角が大きく取れる。第 1 の分波部 4 3 と第 2 の分波部 4 4 は、光軸周囲に  $45^\circ$  ずれて設定されているので、第 1 の分波部 4 3 の分離する TM 波と TE 波の伝播方向を含む面と、第 2 の分波部 4 4 の分離する TM 波と TE 波の伝播方向を含む面は  $45^\circ$  異なる。すなわち、図 4 に示す各光学部品

出射時の偏光状態によると、入射側光ファイバーから出射する無偏波光は、第1の分波部43通過後は、第1の分波部43の第1の逆格子ベクトル方向と第2の逆格子ベクトル方向を含む面上でTM波とTE波に分離し、第2の分波部44通過後は、TM波とTE波はさらにTM波(1)46とTM波(2)47、およびTE波(1)48とTE波(2)49に分離する。この時、TM波6の偏波面とTM波(1)46およびTM波(2)47の偏波面、および、TE波7の偏波面とTE波(1)48およびTE波(2)49の偏波面は $45^\circ$ 異なる。従って、第1から第4の出射側光ファイバー41の位置はそれぞれ、TM波(1)46とTM波(2)47、およびTE波(1)48とTE波(2)49の出射位置に対応させれば、第1の分波部43の第1の逆格子ベクトル方向と第2の逆格子ベクトル方向を含む面に対して、垂直方向にジグザグの配置になる。

## 【0023】

## (実施の形態3)

図5は、実施の形態3における $2^n$ 分波器の構成の概要と、各光学部品出射時の偏光状態を示す。

## 【0024】

図5に示す $2^n$ 分波器は、第1から第nの分波部55～58と、第1から第 $2^n$ の出射側光ファイバー51とを有する。入射側光ファイバー1、第1から第nの分波部55～58、および第1から第 $2^n$ の出射側光ファイバー51は、ガイド59により相対的に位置決めされている。

## 【0025】

第1から第nの分波部55～58は、それぞれ図1の分波部4と同様の構造を有する光学部材からなる。すなわち、互いに平行な入射面と出射面を有する第1の物質8と、第1の物質8と屈折率が異なり第1の物質8の入射面に平行な方向に伸びる柱状の第2の物質9が2次元方向に対して所定の一定の周期をもって分布した構造の光学部材である。

## 【0026】

第1から第nの分波部55～58はそれぞれ、第k ( $k=1, \dots, n-1$ )の分波部57と続くk+1の分波部(図示せず)が、光軸周囲に $45^\circ$ ずれた関

係に設定されている。入射側光ファイバー 1 からの光は、第 1 の分波部 5 5 に対して、第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面と平行な方向に入射する。第 1 から第  $n$  の分波部 5 5 ～ 5 8 を通過し第  $n$  の分波部 5 8 から出射する光は、(1) から  $(2^{n-1})$  の TM 波 5 2 と、(1) から  $(2^{n-1})$  の TE 波 5 3 に分離されており、その出射光は、第 1 から第  $2^n$  の出射側光ファイバー 5 1 にそれぞれ入射する。

## 【 0 0 2 7 】

第 1 から第  $n$  の分波部 5 5 ～ 5 8 のフォトニックバンドは、実施の形態 1 のフォトニックバンドと同様に、第 1 の逆格子ベクトル方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも大きく、第 2 の逆格子ベクトル方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも小さく、いずれの分波部も TM 波と TE 波の分散面が大きく異なり、TM 波と TE 波の分離角が大きく取れる。

## 【 0 0 2 8 】

第  $k$  の分波部 5 7 と第  $k+1$  の分波部は光軸周囲に  $45^\circ$  ずらして設定されているので、第  $k$  の分波部 5 7 の分離する TM 波と TE 波の伝播方向を含む面と、第  $k+1$  の分波部の分離する TM 波と TE 波の伝播方向を含む面は  $45^\circ$  異なる。すなわち、図 5 に示す各光学部品出射時の偏光状態のように、入射側光ファイバー 1 から出射する無偏波光は、第  $k$  の分波部 5 7 通過後は、第  $k$  の分波部 5 7 の第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面上で、( $k$  の 1) から ( $k$  の  $2^{k-1}$ ) の TM 波と、( $k$  の 1) から ( $k$  の  $2^{k-1}$ ) の TE 波に分離する。第  $k+1$  の分波部通過後は、各 TM 波と各 TE 波はさらに、( $k+1$  の 1) から ( $k+1$  の  $2^k$ ) の TM 波と、( $k+1$  の 1) から ( $k+1$  の  $2^k$ ) の TE 波に分離する。この時、( $k$  の 1) から ( $k$  の  $2^{k-1}$ ) の TM 波の偏波面と、( $k+1$  の 1) から ( $k+1$  の  $2^k$ ) の TM 波の偏波面、および ( $k$  の 1) から ( $k$  の  $2^{k-1}$ ) の TE 波の偏波面と ( $k+1$  の 1) から ( $k+1$  の  $2^k$ ) の偏波面は、それぞれ  $45^\circ$  異なる。従って、第 1 から第  $2^n$  までの出射側光ファイバーの位置は、第  $n$  の分波部 5 8 を出射する、(1) から  $(2^{n-1})$  の TM 波 5 2 と (1) から  $(2^{n-1})$  の TE 波 5 3 の出射位置に対応させれば、第 1 の分波部 5 5 の第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面に対して垂

直方向にジグザグの配置になる。

#### 【 0 0 2 9 】

以上の実施の形態は、複数の分波部を連結させた構造を用いた例を記載したものであるが、分波部の構造はこれに限られない。例えば、スパッタリングなどにより屈折率の異なる 2 種類の物質を交互に積層して分波部を形成し、単一分波部積層後は、積層分波部を光伝播方向を法線とする面上で  $45^\circ$  回転させ、続けて屈折率の異なる 2 種類の物質を交互に積層して連続的に分波部を形成することもできる。

#### 【 0 0 3 0 】

また、実施の形態 1 から実施の形態 3 において、少なくとも一つの光ファイバーを位置決めする V 溝あるいは凹溝付基板を、実施の形態 1 の分波部 4、実施の形態 2 の第 1 の分波部 4 3 と第 2 の分波部 4 4、あるいは実施の形態 3 の第 1 の分波部 5 5 と第 n の分波部 5 8、のいずれかの前後に一体化すると、光軸調整無しで光ファイバーを結合することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

また、V 溝あるいは凹溝付基板上に、少なくとも 2 種類の屈折率の異なる物質が所定の一定の周期をもって分布する構造を形成し、一つの基板上に、実施の形態 1 の分波部 4、実施の形態 2 の第 1 の分波部 4 3 と第 2 の分波部 4 4、あるいは実施の形態 3 の第 1 の分波部 5 5 と第 n の分波部 5 8、のいずれかと、光ファイバーを位置決めする V 溝あるいは凹溝を一体化することも可能である。

#### 【 0 0 3 2 】

##### (実施の形態 4)

図 6 に、実施の形態 4 における無偏波型光アイソレーターの構成の概要と、各光学部品出射時の偏波状態を示す。図 7 に、戻光の各光学部品出射時の偏波状態を示す。

#### 【 0 0 3 3 】

図 6 に示す無偏波型光アイソレーターは、光軸 7 2 上に整列して配置された、入射側光ファイバー 6 1、入射側レンズ 6 2、入射側分波部 6 3、ファラデー結晶 6 4、第 1 の出射側分波部 6 5、第 2 の出射側分波部 6 6、出射側レンズ 6 7



、出射側光ファイバー 6 8、およびファラデー結晶 6 4 の回転角を飽和させる磁界 6 9 を印加する磁界印加手段（図示せず）から構成される。

#### 【 0 0 3 4 】

入射側分波部 6 3、第 1 の出射側分波部 6 5、および第 2 の出射側分波部 6 6 は、それぞれ図 1 の分波部 4 と同様の光学部材からなる。入射側分波部 6 3 と第 1 の出射側分波部 6 5 は、光軸周囲に  $45^{\circ}$  ずれた関係に設定され、第 1 の出射側分波部 6 5 と第 2 の出射側分波部 6 6 は、光軸周囲に  $90^{\circ}$  ずれた関係に設定されている。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、本実施の形態の動作を、各光学部品の出射光の偏光状態を参照して説明する。進行光の偏光状態は図 6 に示すように、まず、入射側光ファイバー 6 1 から送られる無偏波光が、入射側分波部 6 3 で TE 波 7 0 と TM 波 7 1 に分離される。入射側分波部 6 3 を出た TE 波 7 0 と TM 波 7 1 は、ファラデー結晶 6 4 で  $45^{\circ}$  回転する。さらに、第 1 の出射側分波部 6 5 で TM 波 7 1 のみが光軸 7 2 に変移し、第 2 の出射側分波部 6 6 で TE 波 7 0 も光軸 7 2 上に変移するので、TE 波 7 0 と TM 波 7 1 の両方が出射側光ファイバーに結合される。

#### 【 0 0 3 6 】

一方、戻光については図 7 に示すように、出射側光ファイバー 6 8 から出射される無偏波光は、第 2 の出射側分波部 6 6 で TE 波 7 3 のみが光軸から変移し、第 1 の出射側分波部 6 5 で今度は TM 波 7 4 が光軸 7 2 から変移する。ファラデー結晶 6 4 で、TE 波 7 3 と TM 波 7 4 はそれぞれ  $45^{\circ}$  回転する。入射側偏波部 6 3 で TE 波 7 3 と TM 波 7 4 は、さらに光軸 7 2 から離れる方向へ変移するので、戻光の TE 波 7 3 と TM 波 7 4 は、入射側光ファイバー 6 1 に結合されない。従って、光は一方向にのみ進行できる。

#### 【 0 0 3 7 】

##### （実施の形態 5）

図 8 に、実施の形態 5 における無偏波型光アイソレーターの構成の概要と、各光学部品出射時の偏波状態を、図 9 に戻光の各光学部品出射時の偏波状態を示す。

## 【0038】

図8に示す無偏波型光アイソレーターは、光軸72上に整列して配置された、入射側光ファイバー61、入射側レンズ62、入射側分波部63、ファラデー結晶64、旋光性結晶81、出射側分波部82、出射側レンズ67、出射側光ファイバー68、およびファラデー結晶64の回転角を飽和させる磁界69を印加する磁界印加手段（図示せず）で構成される。入射側分波部63と出射側分波部82は、光軸周囲に互いに平行に設定される。

## 【0039】

入射側分波部63、出射側分波部82は、それぞれ図1の分波部4と同様の光学部材からなる。

## 【0040】

次に、本実施の形態の動作を、各光学部品の出射光の偏光状態により説明する。

## 【0041】

進行光の偏光状態は図8に示される。まず、入射側光ファイバー61から送られる無偏波光は、入射側分波部63でTE波83とTM波84に分離され、ファラデー結晶64でTE波83とTM波84は $45^\circ$ 回転する。旋光性結晶81でTE波83とTM波84はさらに $45^\circ$ 回転し、出射側分波部82でTE波83とTM波84は両方とも光軸72上に変移するので、TE波83とTM波84の両方が出射側光ファイバー68に結合される。

## 【0042】

一方、戻光については図9に示される。出射側光ファイバー68から出射される無偏波光は、出射側分波部82でTE波85とTM波86が合異なる方向に光軸72から変移し、旋光性結晶81でTE波85とTM波86は $-45^\circ$ 回転し、ファラデー結晶64ではTE波85とTM波86は $45^\circ$ 回転するので偏光状態は出射側分波部82と同じになる。入射側分波部63でTE波85とTM波86は、さらに光軸72から離れる方向へ変移するので、TE波85とTM波86は入射側光ファイバー61に結合されない。従って、光は一方向にのみ進行できる。

【 0 0 4 3 】

【発明の効果】

本発明によれば、TE波とTM波の分離角度を $180^{\circ}$  近くまで巨大にすることが可能である。従って、回折の影響が無視できるほどの伝播距離でTE波とTM波を分離して、レンズなどの部品工数を低減し、デバイスを小型化することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 における光分波器の概要を示す断面図

【図 2】

図 1 の光分波器における分波部のフォトリックバンドの例を示す図

【図 3】

図 1 の光分波器における分波部のTM波とTE波の分散面の例を示す図

【図 4】

本発明の実施の形態 2 における光分波器の概要を示す断面図

【図 5】

本発明の実施の形態 3 における光分波器の概要を示す断面図

【図 6】

本発明の実施の形態 4 における無偏波型光アイソレーターの概要と偏光状態を説明するための断面図

【図 7】

図 6 の無偏波型光アイソレーターの戻光の偏光状態説明図

【図 8】

本発明の実施の形態 5 における無偏波型光アイソレーターの概要と偏光状態を説明するための断面図

【図 9】

図 8 の無偏波型光アイソレーターの戻光の偏光状態説明図

【図 1 0】

従来例の光分波器の概要を示す断面図

【図 1 1】

従来例の光分波器の T M 波と T E 波の分散面の例を示す図

【符号の説明】

- 1 入射側光ファイバー
- 2 第 1 の出射側光ファイバー
- 3 第 2 の出射側光ファイバー
- 4 分波部
- 5 ガイド
- 6 T M 波
- 7 T E 波
- 8 第 1 の物質
- 9 第 2 の物質
- 1 0 第 1 の逆格子ベクトル方向 (K)
- 1 1 第 2 の逆格子ベクトル方向 (M)
- 4 1 第 1 から第 4 の出射側光ファイバー
- 4 3 第 1 の分波部
- 4 4 第 2 の分波部
- 4 5 ガイド
- 4 6 T M 波 (1)
- 4 7 T M 波 (2)
- 4 8 T E 波 (1)
- 4 9 T E 波 (2)
- 5 1 第 1 から第  $2^n$  の出射側光ファイバー
- 5 2 (1) から  $(2^{n-1})$  の T M 波
- 5 3 (1) から  $(2^{n-1})$  の T E 波
- 5 5 第 1 の分波部
- 5 6 第 2 の分波部
- 5 7 第 k の分波部
- 5 8 第 n の分波部

- 5 9    ガイド
- 6 1    入射側光ファイバー
- 6 2    入射側レンズ
- 6 3    入射側分波部
- 6 4    ファラデー結晶
- 6 5    第 1 の出射側分波部
- 6 6    第 2 の出射側分波部
- 6 7    出射側レンズ
- 6 8    出射側光ファイバー
- 6 9    飽和磁界
- 7 0    T E 波（進行光）
- 7 1    T M 波（進行光）
- 7 2    光軸
- 7 3    T E 波（戻光）
- 7 4    T M 波（戻光）
- 8 1    旋光性結晶
- 8 2    出射側分波部
- 8 3    T E 波（進行光）
- 8 4    T M 波（進行光）
- 8 5    T E 波（戻光）
- 8 6    T M 波（戻光）
- 1 0 1    入射側光ファイバー
- 1 0 2    入射側レンズ
- 1 0 3    複屈折材料
- 1 0 4    第 1 の出射側レンズ
- 1 0 5    第 1 の出射側光ファイバー
- 1 0 6    第 2 の出射側レンズ
- 1 0 7    第 2 の出射側光ファイバー
- 1 0 8    T M 波

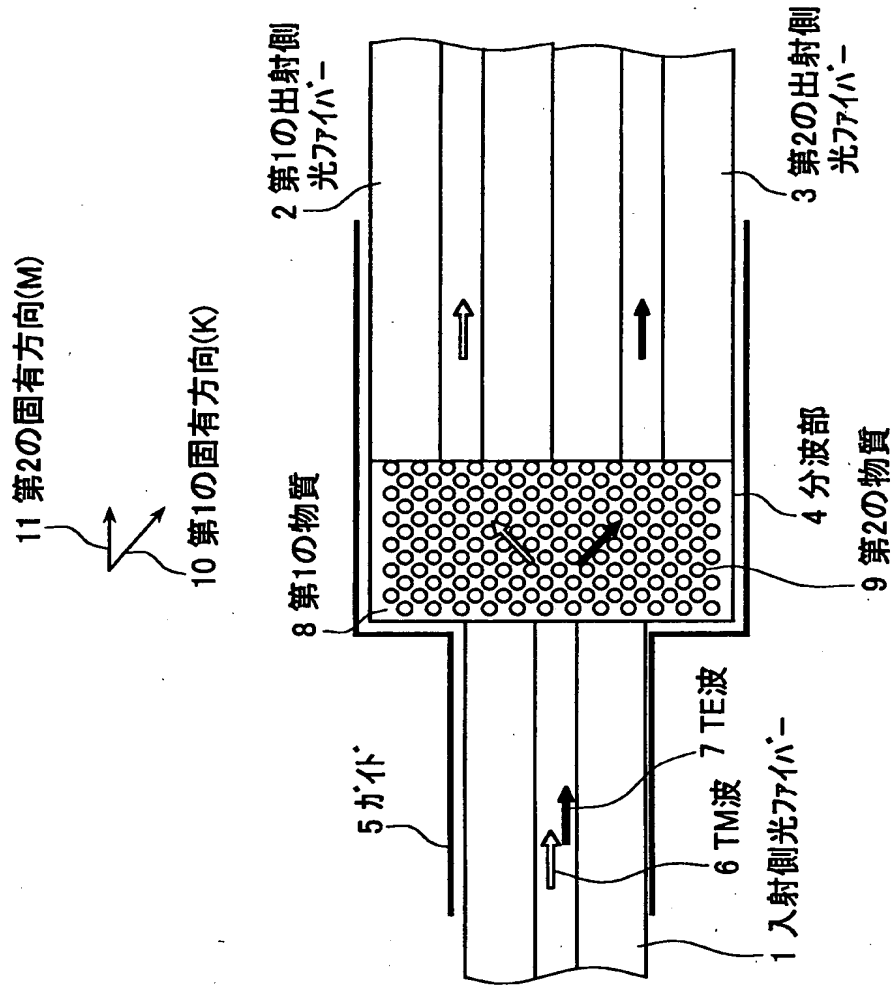
特 2 0 0 1 - 0 3 4 0 8 8

1 0 9    T E 波

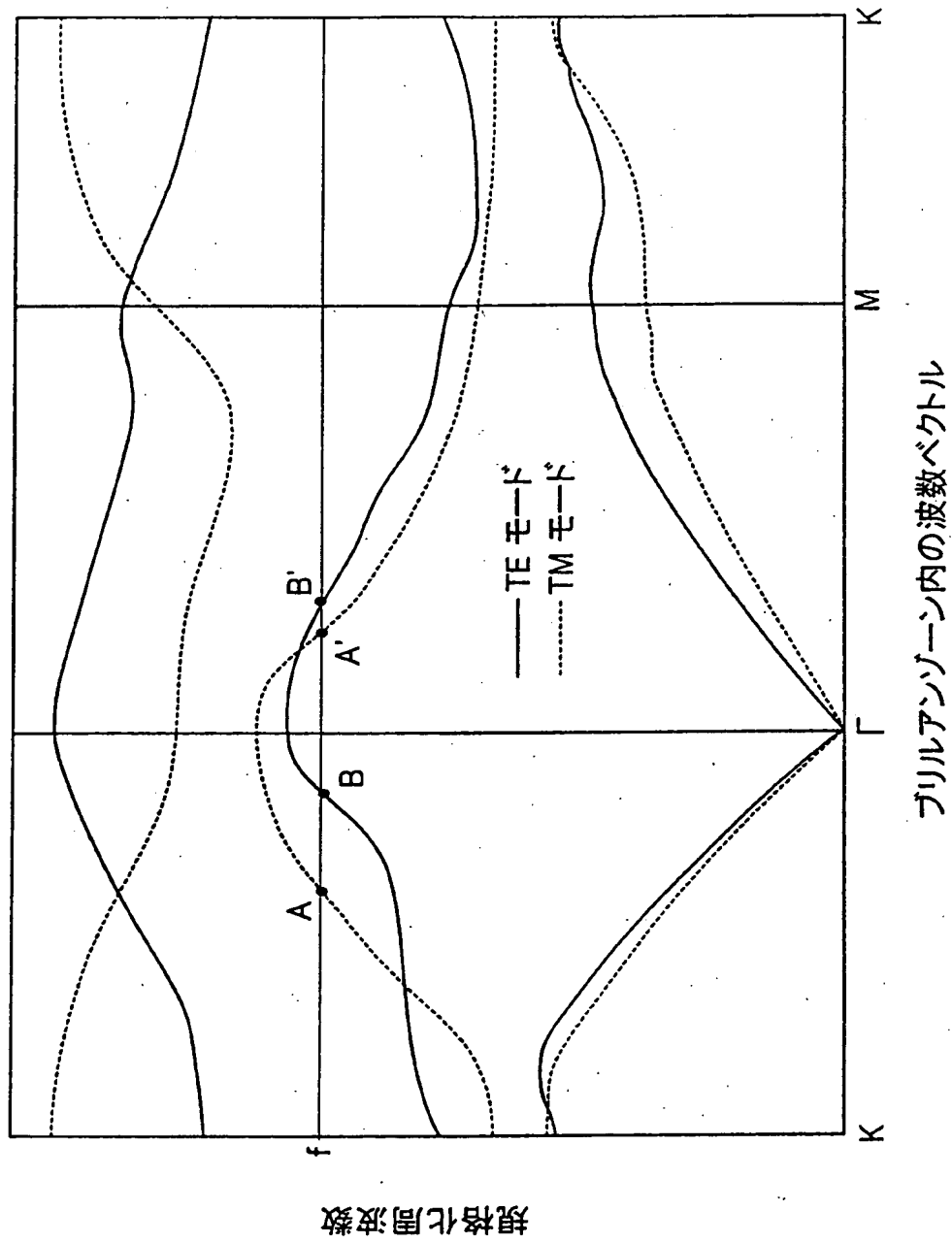
【書類名】

図面

【図 1】

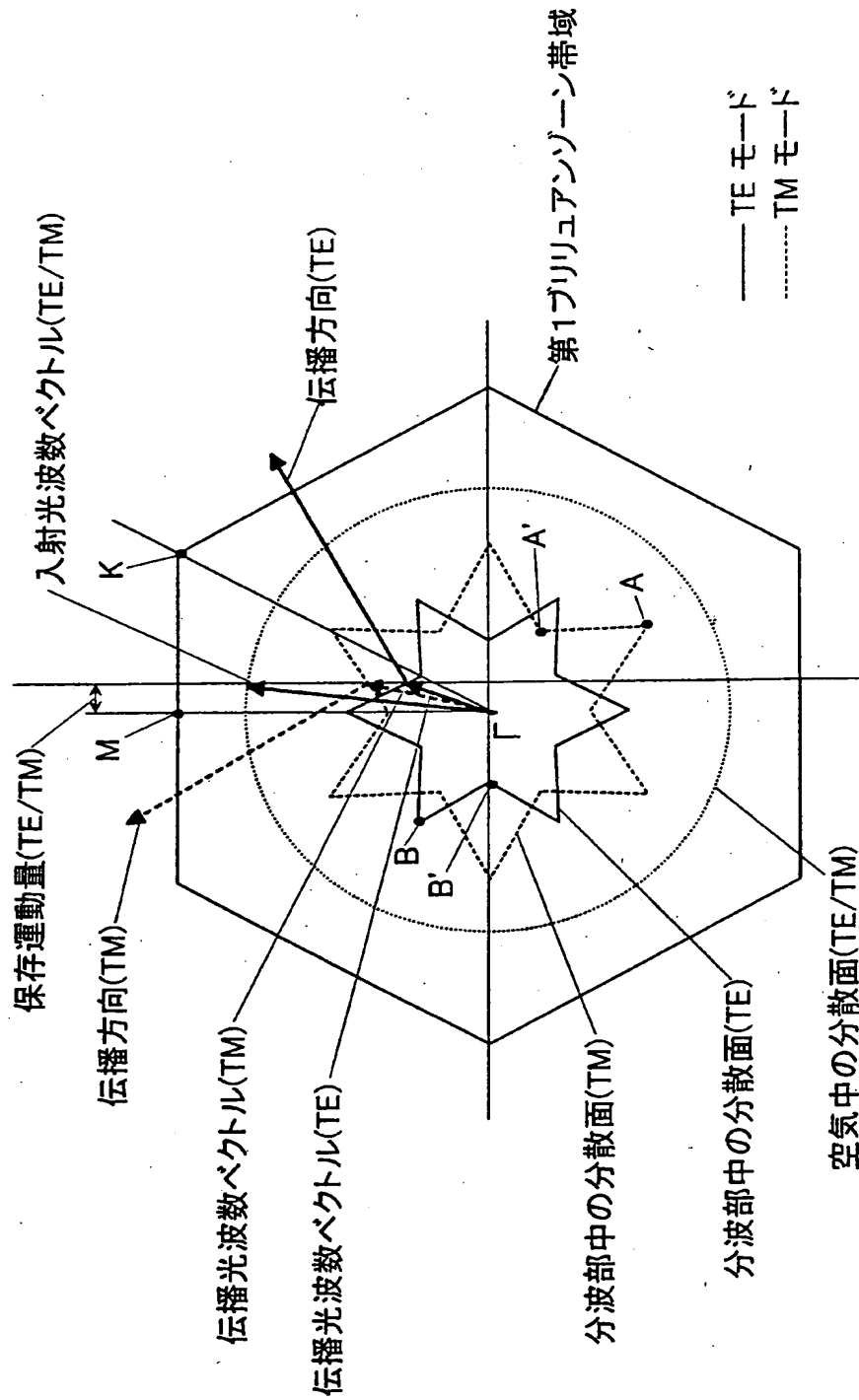


【図2】

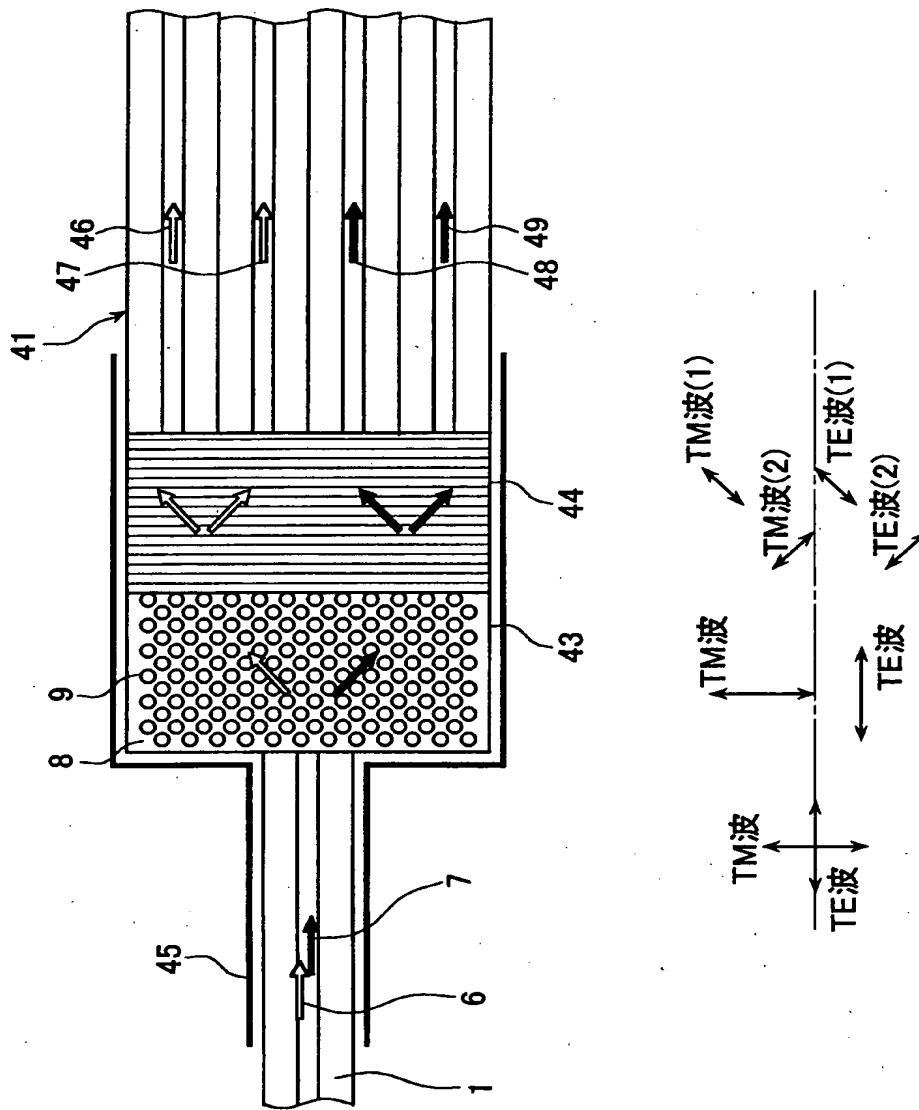




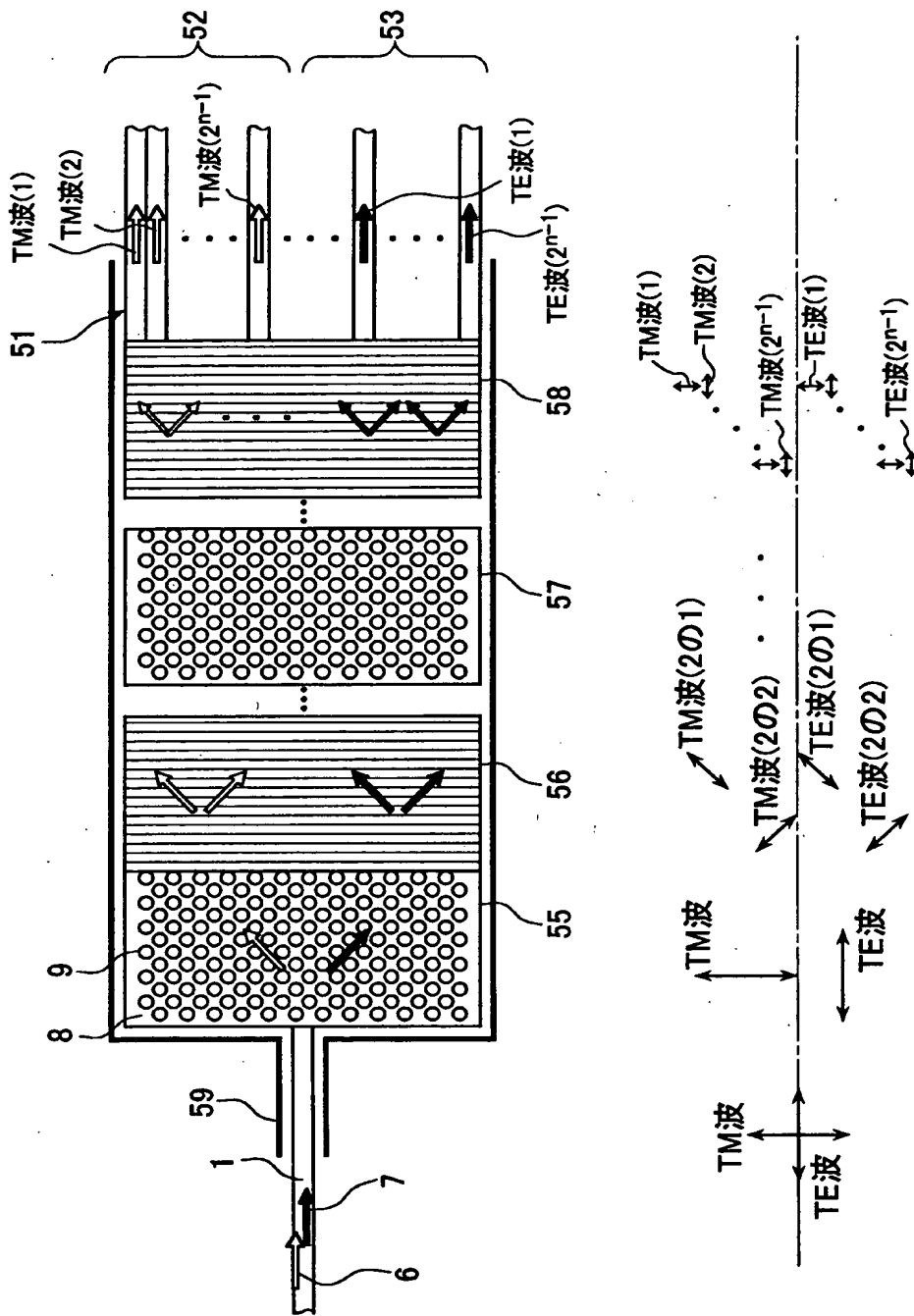
【図 3】



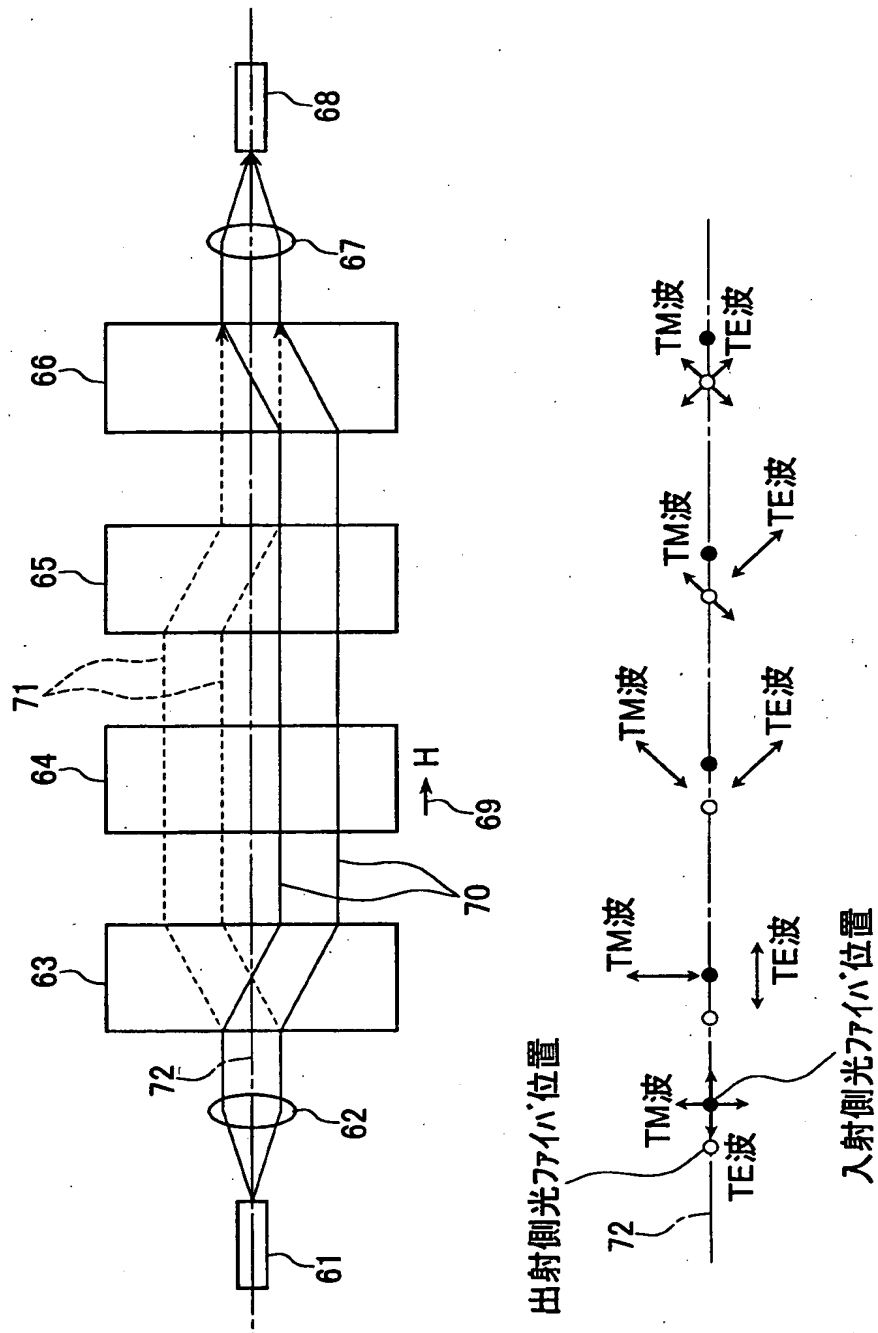
【図 4】



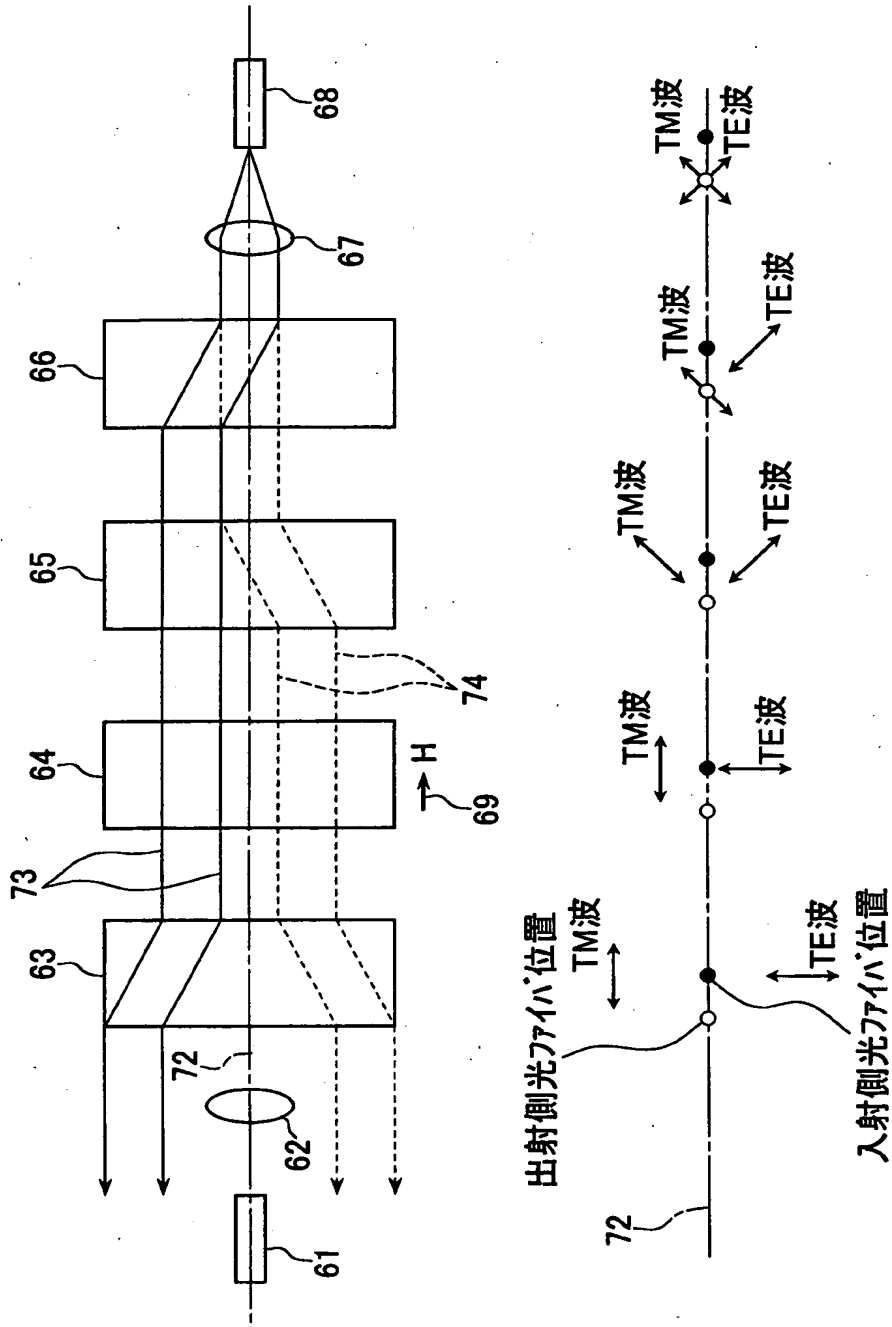
【図 5】



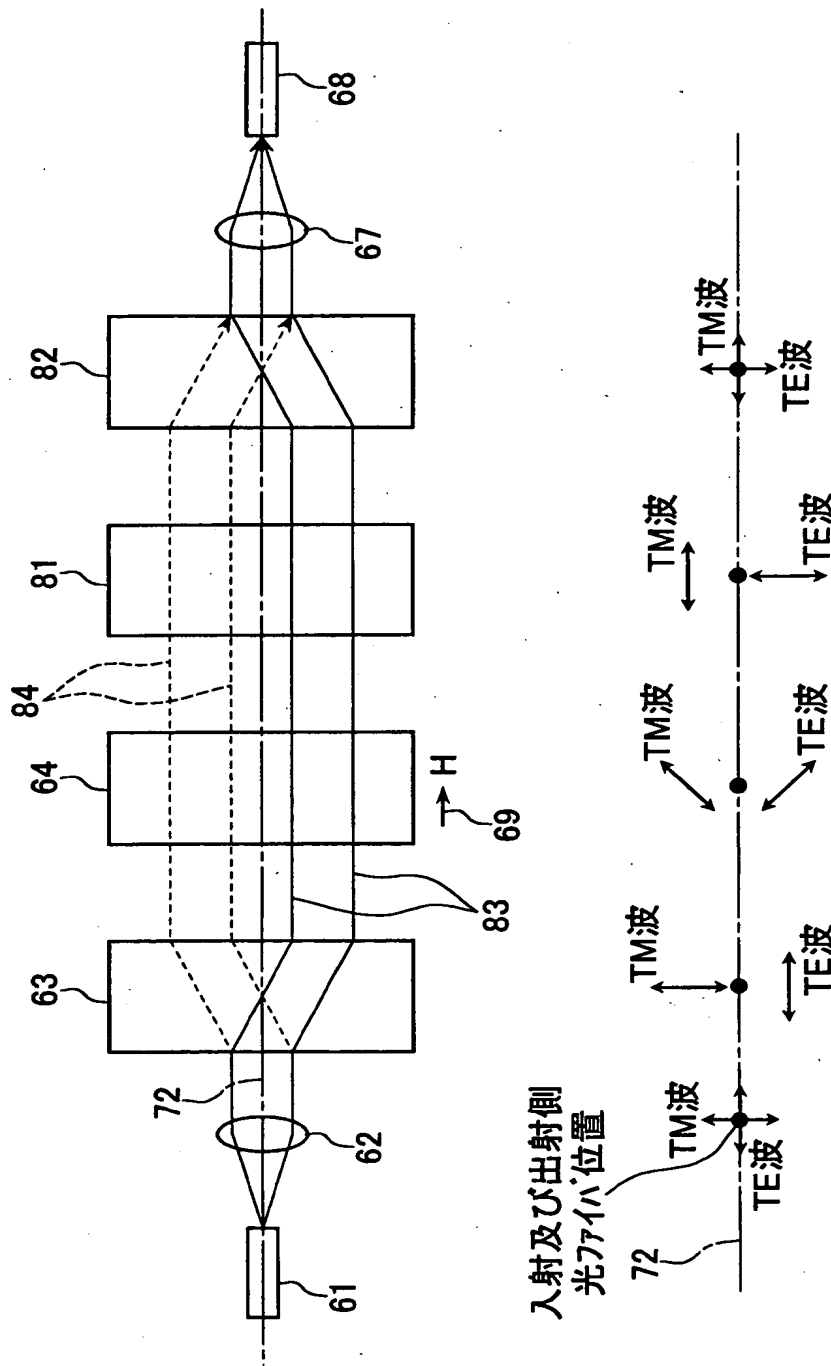
【図 6】



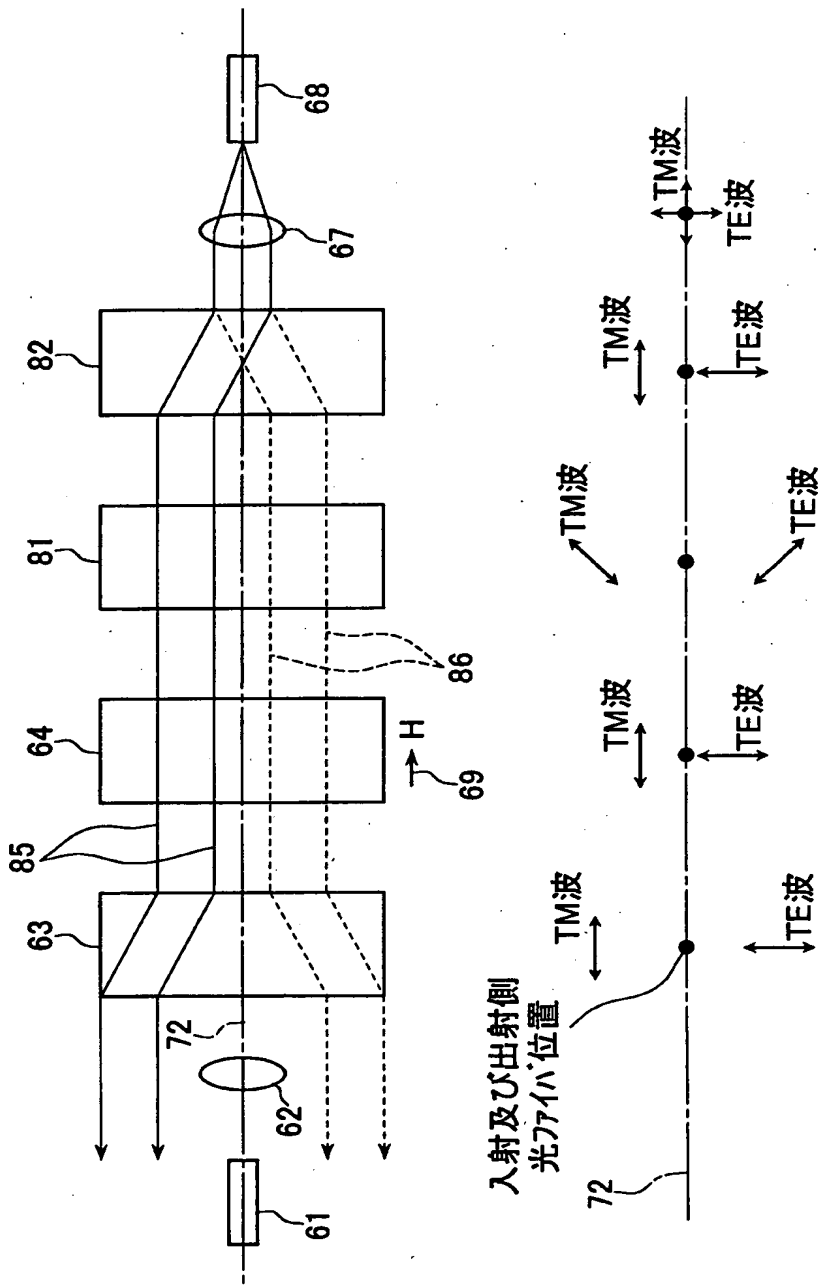
【図 7】



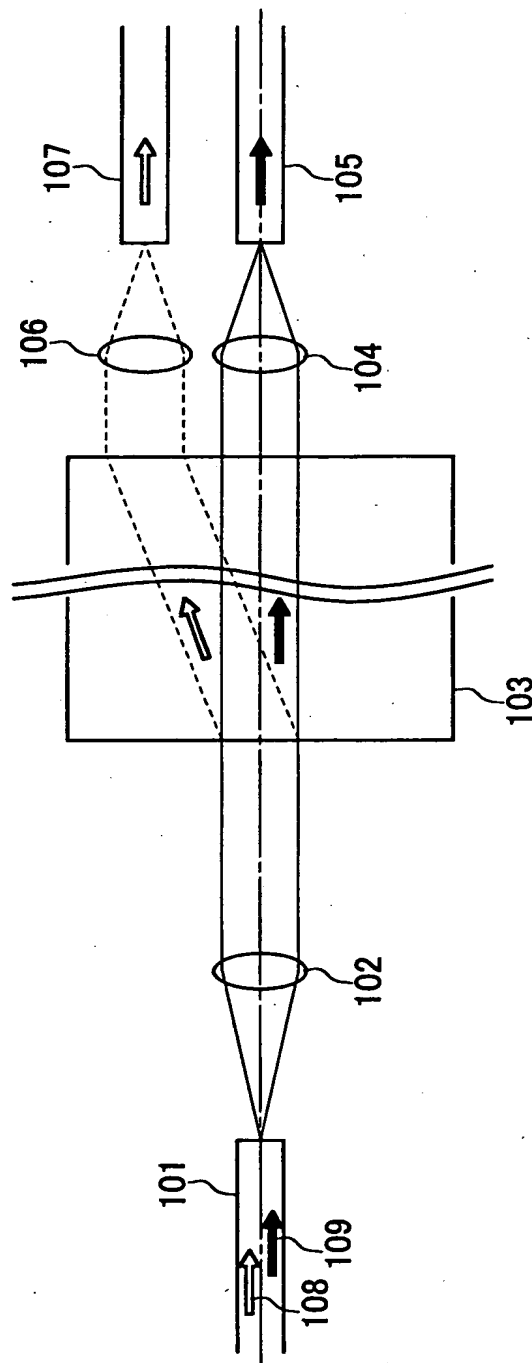
【図 8】



【図9】

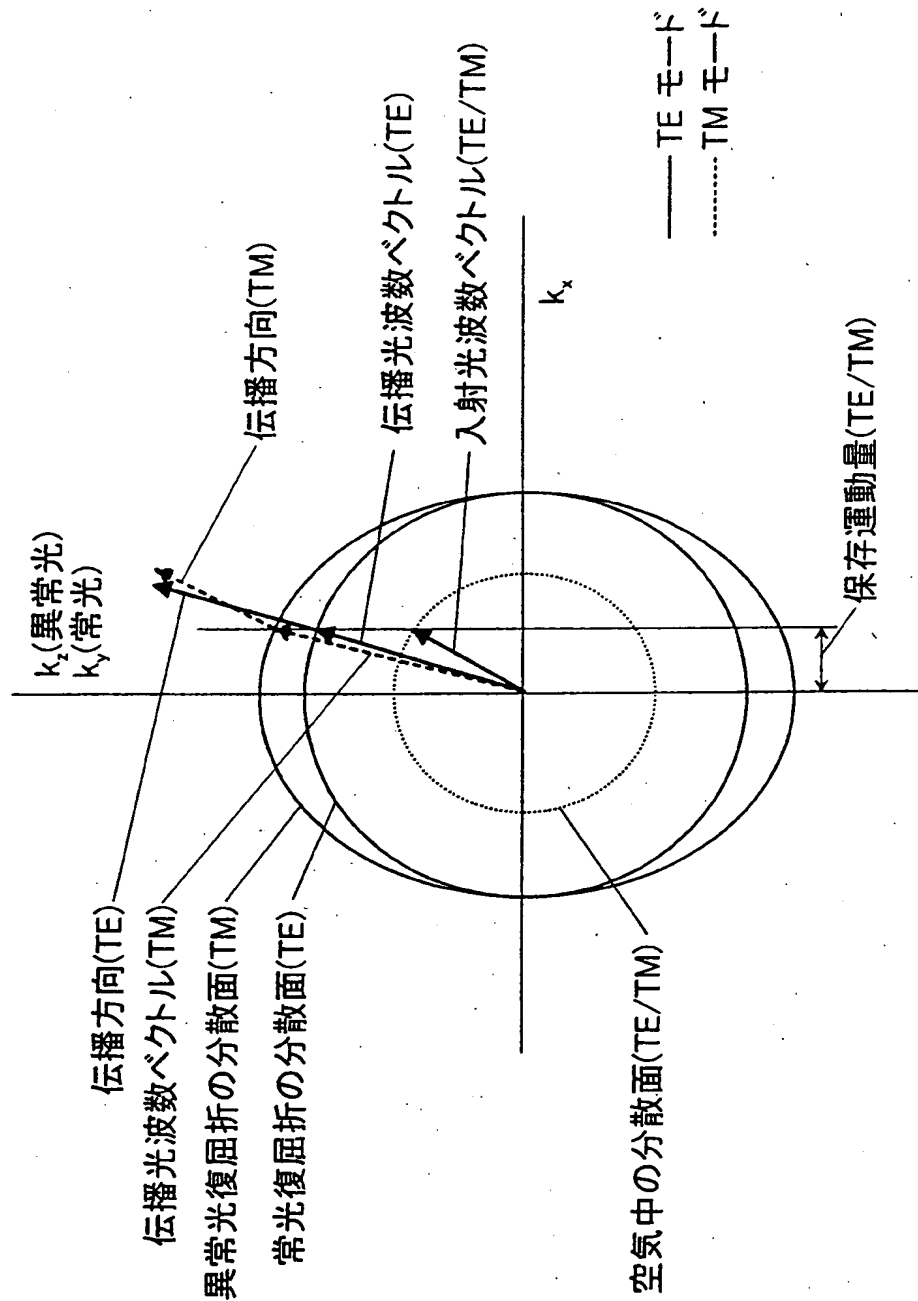


【図 1 0】





【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバーと複屈折材料との結合にレンズを必要とせず、光ファイバーを複屈折材料に突合せた構成で光学系を構成できる光デバイスを提供する。

【解決手段】 分波部 4 は、屈折率の周期的変化を有する光学部材であって、その複数の逆格子ベクトル方向のうち、使用波長における第 1 の逆格子ベクトル方向 (K) と第 2 の逆格子ベクトル方向 (M) の相互角度が  $90^\circ$  以下で、第 1 の逆格子ベクトル方向の TE 波 7 の波数が TM 波 6 の波数よりも大きく、第 2 の逆格子ベクトル方向の TE 波の波数が TM 波の波数よりも小さい光学部材からなる。入射部 1 は分波部 4 に対して、第 1 の逆格子ベクトル方向と第 2 の逆格子ベクトル方向を含む面と平行な方向に光を入射させる。受光部 2、3 は、分波部 4 からの出射光を各々受光する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社